

PROPUESTA DE REDISTRIBUCIÓN DE NODOS LOGÍSTICOS PARA UNA EMPRESA DE CONSUMO MASIVO.

AUTOR

Diego Alexander Parra Varón

Administrador Logístico

U9500914@unimilitar.edu.co

Artículo Trabajo Final del programa de Especialización en Gerencia Logística Integral



La U
acreditada
para todos

**ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA LOGISTICA INTEGRAL
UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
JUNIO, 2019**

PROPUESTA DE REDISTRIBUCIÓN DE NODOS LOGÍSTICOS PARA UNA EMPRESA DE CONSUMO MASIVO.

PROPOSAL OF REDISTRIBUTION OF LOGISTIC NODES FOR A CONSUMER PRODUCTS COMPANY.

Diego Alexander Parra Varón
Especialización en Gerencia en Logística Integra
U9500914@unimilitar.edu.co

RESUMEN

El presente trabajo muestra la metodología empleada y resultados obtenidos de un estudio realizado a una compañía de consumo masivo que pretende redefinir la red logística empleada actualmente, a través de una redistribución de nodos logísticos. A medida que se avanza en el documento se encuentran las fases que se emplearon para proponer la redistribución, entre ellas se comprende un análisis de la demanda histórica de la compañía, un estudio de centros de gravedad orientado a la localización física de sus clientes y el volumen de compra de los mismos, con lo anterior se proponen escenarios de redes logísticas a los cuales a partir de la definición, evaluación y comparación de políticas de inventario y modelos de transporte, se concluye en una redistribución de nodos logísticos la cual generaría un impacto económico positivo para la compañía objeto de estudio.

Palabras Clave: Nodos logísticos, indicador índice de servicio, indicador de entregas completas, Centro de gravedad, Política de inventario, Centro de distribución, Tiempo de entrega, costos logísticos, Fletes.

ABSTRACT

This paper shows the methodology used and results obtained from a study carried out on a Consumer Products company that aims to redefine the logistics network currently used, through a redistribution of logistics nodes. As the document progresses are the phases that were used to propose redistribution, including an analysis of the company's historical demand, a study of centers of gravity oriented to the physical location of its customers and the volume of purchase of them, with the above proposes scenarios of logistics networks to which from the definition,

evaluation and comparison of inventory policies and transport models, is concluded in a redistribution of logistics nodes which would have a positive economic impact for the company under study.

Keywords: logistic node, on time in full (OTIF), Fill rate, gravity center, Inventory policy, Lead time (LT), logistic costs, freight.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación está basada en un estudio de caso y pretende proponer una alternativa de mejoramiento en cuanto a una red de distribución para una empresa de consumo masivo, que para efectos de proteger su identidad no se menciona en el presente trabajo. Los nodos logísticos hacen referencia a una ubicación geográfica en la cual se realizan actividades enfocadas a la administración de la cadena de suministros, como concepto fundamental y para efectos del presente estudio se interpreta que un nodo logístico puede ser una planta de producción, un centro de distribución o un cliente, y que estos se clasifican en nodos fijos (planta de producción y los clientes) y nodos movibles (centros de distribución), el presente trabajo va orientado a la redistribución de los nodos movibles, y como lo dice [1] en su libro de logística contemporánea, la ubicación de un centro de distribución es una decisión que ha pasado de ser táctica a ser estrategia y ha tomado mucha importancia.

La compañía objetivo actualmente cuenta con una red logística que puede no ser la más óptima en cuanto a reducción de costos se trata, para demostrar que existe una mejor alternativa y proponer una redistribución de nodos logísticos se desarrolla en el estudio mostrado en este documento, un paso a paso que inicia en el análisis de los históricos de demanda clasificando las ventas por zonas de la región colombiana con el objetivo de minimizar la cantidad de nodos fijos a considerar, posteriormente se extrae la información de los volúmenes de venta por cliente y su localización geográfica para llevar a cabo un análisis de centros de gravedad y generar una visual global de donde sería el sitio óptimo para reubicar los centros de distribución, en base a la información anterior se generan los posibles escenarios a evaluar, y decidir a raíz de los resultados; la cantidad optima de centros de distribución que debería contemplar [2], el lugar geográfico en el cual deberían estar ubicados, el tamaño según la política de inventarios y el modelo de transporte óptimo para la red de distribución propuesta.

1. METODOLOGÍA

La presente investigación comprende seis etapas que dan lugar a definir una redistribución de nodos logísticos en la cadena de distribución de la compañía objetivo, la primera etapa comprende el análisis de las ventas históricas de la compañía, para esto como muestra se toma los años 2017, 2018 hasta abril de 2019, la razón de tomar esta muestra es que los datos de los años anteriores tienen clientes inactivos, las ventas no son tan representativas volumétricamente en comparación con la muestra y al excluir los datos se logra disminuir el error por información que no reflejan la realidad actual.

1.1. Análisis de la demanda

Para el análisis de la venta y para efectos de facilitar el manejo la información densa, se clasifica las zonas de venta como se muestra en la Figura 1.

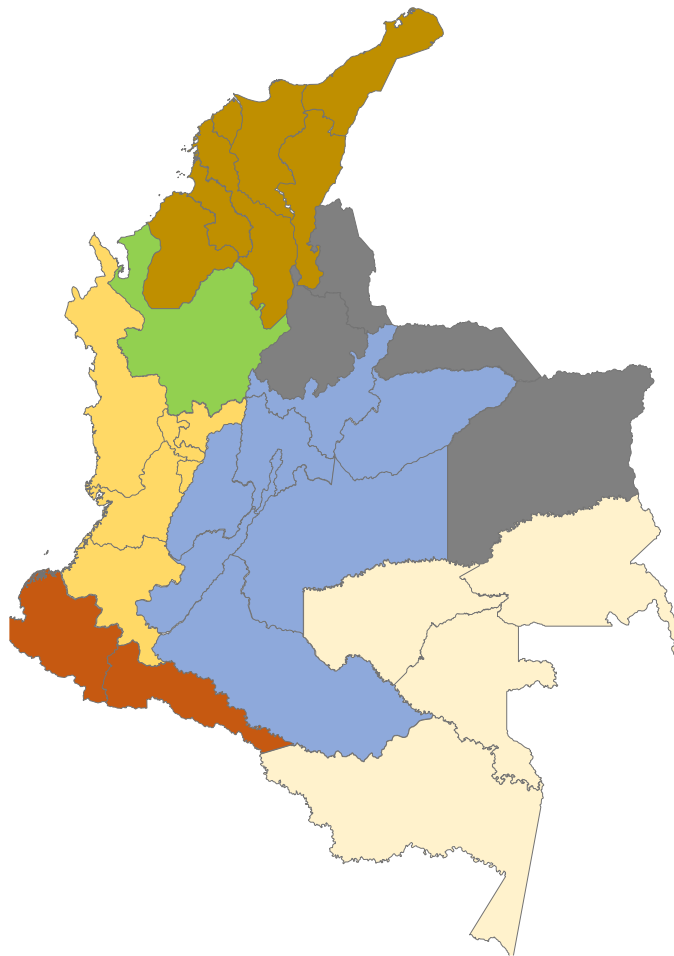









Figura 1. Clasificación de las zonas de venta

Fuente: Elaboración propia

A partir de aquí los nodos fijos denominados clientes se clasifican por zonas de atención y están ligados también a una clasificación por colores como se muestra en la tabla 1

Tabla 1. Denominación de la clasificación de las zonas de venta

Color	Zona
	1. Centro
	2. Suroccidente
	3. Antioquia
	4. Costa
	5. Santander
	6. Suroccidente pasto
	7. Otros

Fuente: Elaboración propia

1.2. Cálculo de centros de gravedad

El concepto de centro de gravedad aparece en este estudio al relacionar la física aplicada a la logística y se explica si consideramos el momento de fuerzas de un cuerpo, el enunciado sostiene que; “Cuanto menor es la distancia del centro de gravedad al centro de la estructura mucho más fácil será resistir la fuerza” esto lo explica didácticamente [3] en su artículo el concepto estadístico de centro de gravedad. Si lo vemos desde la perspectiva de la logística deducimos que entre más cerca ubiquemos un centro de distribución a nuestros clientes, mayor nivel de servicio y en menores costos vamos a incurrir [4].

Con lo anterior se realiza un análisis de centros de gravedad contemplando la ubicación física de nuestros clientes, extrayendo sus datos geográficos como lo son latitud y longitud, y sus datos de ventas históricas dadas en volumen de venta. Consideramos para el análisis las ecuaciones 1-5.

$$X_i = \text{Valor de Latitud} \quad (1)$$

$$Y_i = \text{Valor de longitud} \quad (2)$$

$$(X, Y) = (\text{Latitud}, \text{Longitud}) \text{ Centro de gravedad} \quad (3)$$

$$(x) = \frac{\sum V X_1 + V X_2 + V X_3 + \dots + V X_n}{\sum X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n} \quad (4)$$

$$(y) = \frac{\Sigma Vy_1 + Vy_2 + Vy_3 + \dots + Vy_n}{\Sigma y_1 + y_2 + y_3 + \dots + y_n} \quad (5)$$

1.3. Definición de escenarios

Una vez se tenga la información de las ventas y las conclusiones otorgadas por el análisis de centro de gravedad se pasa a la definición de escenarios, se debe tener en cuenta que en la red logística hay nodos fijos, los cuales para nuestro ejercicio son las plantas de producción y los clientes, y los nodos móviles que son los puntos de atención, o centros de distribución.

1.4. Políticas de inventario

La política de inventario se calcula para cada uno de los escenarios propuestos, considerando para su cálculo las siguientes restricciones:

- La compañía debe mantener un índice de entregas completas en productos tipo C en un 92% de cumplimiento
- La compañía debe mantener un índice de entregas completas en productos tipo A y B en un 95% de cumplimiento
- Se considera el lead time (LT) entre el abastecimiento de las plantas de producción y los centros de distribución
- Se considera un lead time (LT) en el proceso de fabricación.

Dichas las consideraciones, se calcula la política de inventario a partir de las ecuaciones 6-9:

$$Politica\ de\ Inventario = V_d + V_p \quad (6)$$

$$V = Variabilidad \quad (7)$$

$$d = Demanda \quad (8)$$

$$p = Proceso \quad (9)$$

1.5. Modelos de transporte

La toma de decisión de donde ubicar un nodo de distribución debe estar muy ligada a los costos logísticos en que se puede incurrir [5] para el gasto de transporte se debe considerar T1; el transporte desde fabrica a los centros de distribución y T2; el transporte desde los centros de distribución hasta los clientes. Para evaluar la mejor opción en transporte se usa programación lineal, la cual se resuelve por medio de solver apoyado en las herramientas tecnológicas ofrecidas por Microsoft Office y un complemento para Excel denominado What'sBest! las tarifas de cada escenario son suministradas por operadores logísticos que trabajan con la compañía objetivo. Y se calcula por medio de las ecuaciones y restricciones 10-19.

$$i = \text{Conjunto de tipo de productos diferenciado por la planta de producción} \quad (10)$$

$$j = \text{Centro de distribución} \quad (11)$$

$$k = \text{Zona de ventas} \quad (12)$$

$$X_{i,j,k} = \text{Cantidad de productos tipo (i) Enviados desde CEDI (j) a una zona de venta (k)} \quad (13)$$

$$Y_{i,j,k} = \text{Variable binaria} \begin{cases} 1, \text{si el cedi (j) abastece la zona (k)} \\ 0, \text{Caso contrario} \end{cases} \quad (14)$$

$$C_{i,j,k} = \text{Costo de enviar } 1_{m3} \text{ del producto i a través del CEDI j para la ciudad k} \quad (15)$$

$$d_{i,k} = \text{Demanda del producto tipo i en la ciudad k} \quad (16)$$

$$FO. Min z = \sum_{i=1}^i \sum_{j=1}^j \sum_{K=1}^k X_{i,j,k} C_{i,j,k} \quad (17)$$

Restricciones de demanda

$$\sum_{j=1}^j X_{i,j,k} \geq d_{j,k} \quad \forall i \in (1,2) \forall k (1,2, \dots 6) \quad (18)$$

Restricciones de asignación de CEDI x Zona

$$\sum_{j=1}^j \sum_{k=1}^k Y_{j,k} = 1 \quad (19)$$

Ejecutando el modelo anterior para cada uno de los escenarios propuestos en el punto 1.3 se estiman los costos de transporte asumidos en cada red logística propuesta.

2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.1. Análisis de la demanda

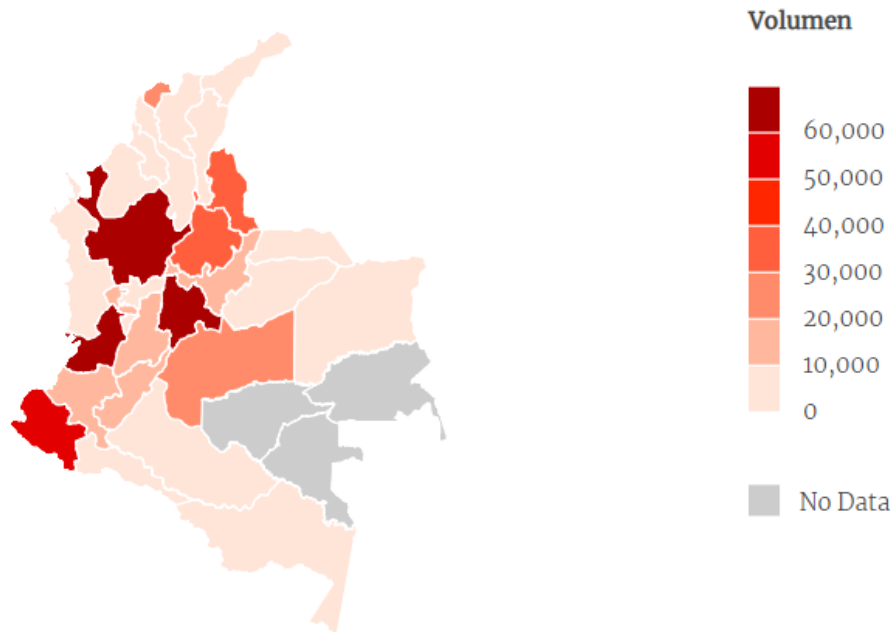


Figura 2. diagrama calórico de venta

Fuente: Elaboración propia

En la figura 2 se muestra un mapa calórico de Colombia en el cual se puede observar la concentración de la venta en volumen, entre más claro o tenue sea el color menor niveles volumétricos de venta representan, de aquí se puede deducir que los departamentos de Cundinamarca, Antioquia y valle del cauca, es donde mayor concentración de venta tiene la empresa objeto de estudio.

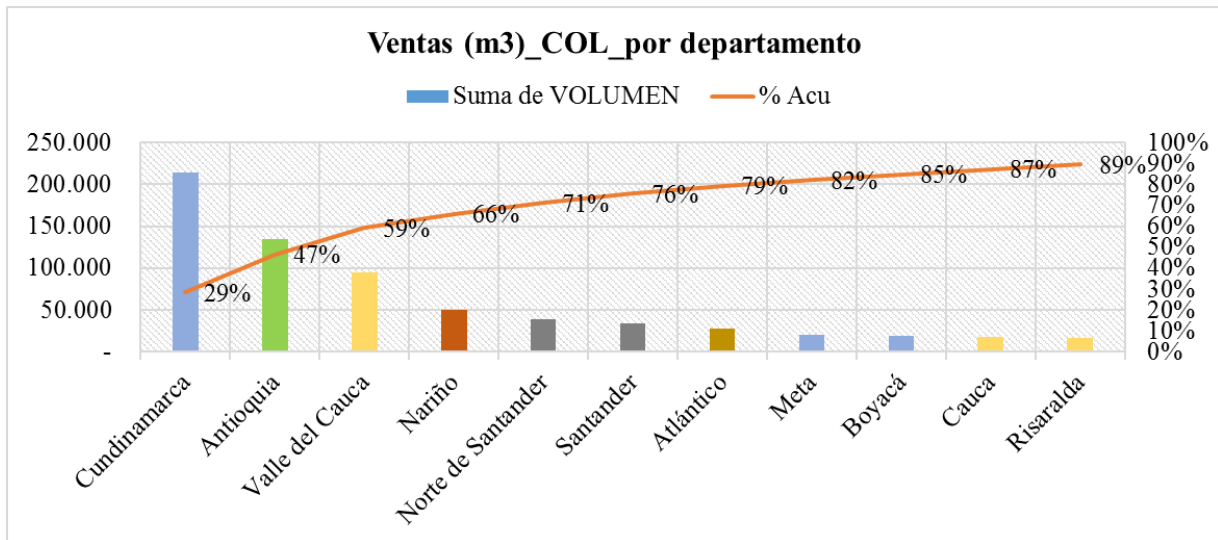


Figura 3. Partero de venta por departamento

Fuente: Elaboración propia

En la figura 3 se puede ver la venta distribuida por departamento en un diagrama de Pareto donde en los 7 primeros departamentos mostrados, se vende el 80% de la venta. Y reitera lo que muestra la figura 2

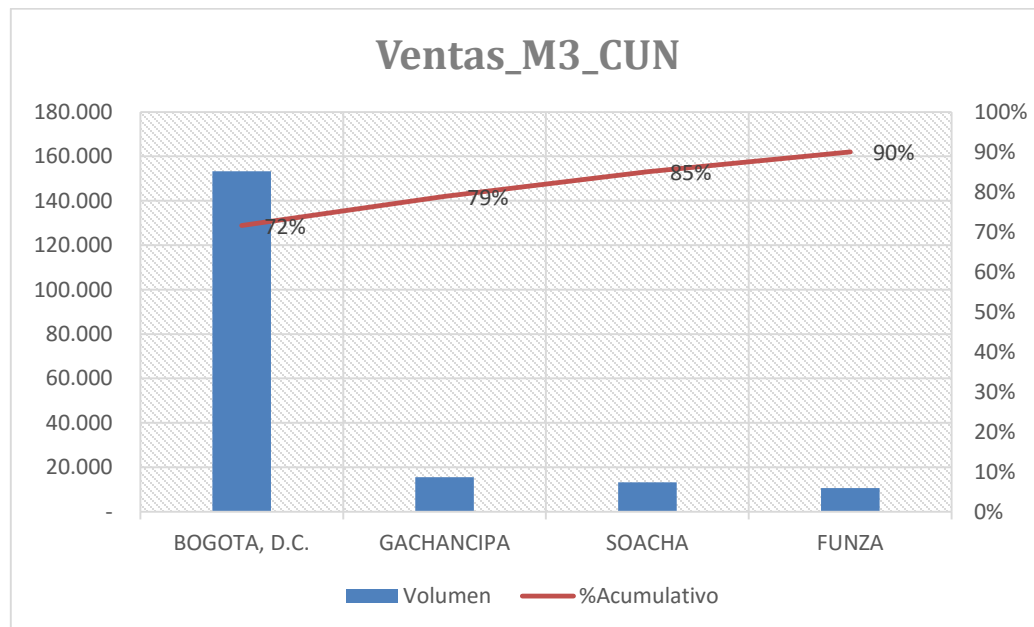


Figura 4. Pareto de venta zona centro

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4 se muestra el Pareto de ventas del departamento de Cundinamarca en el cual se tiene mayor concentración de venta, y se puede evidenciar que la ciudad con mayor volumen de venta es Bogotá D.C

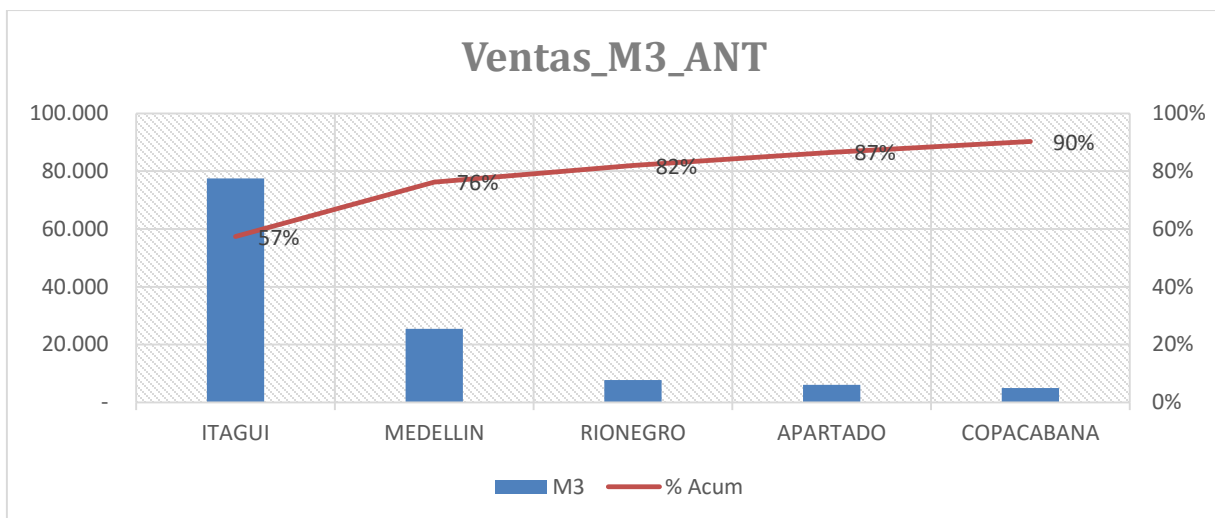


Figura 5. Pareto de ventas zona Antioquia
Fuente: Elaboración propia

En la figura 5. Se abre la venta por ciudades y municipios y se observa que el municipio con mayor venta concentrada es Itagüí, seguido por Medellín y Rio Negro, con los tres mencionados se completa el 82% de la venta en el segundo departamento con mayor concentración de venta.

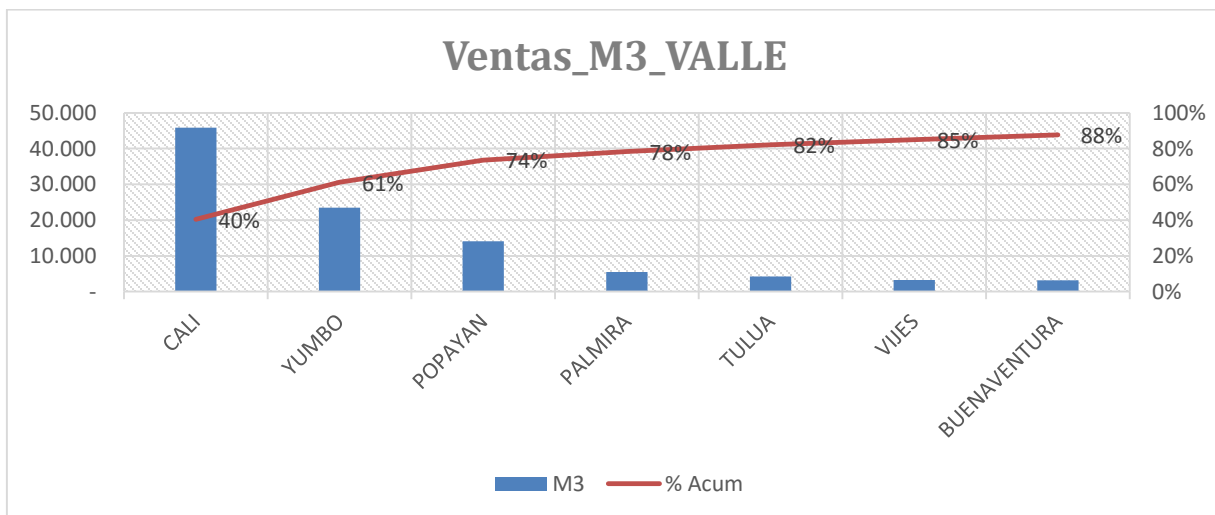


Figura 6. Pareto de venta zona valle del cauca
Fuente: Elaboración propia

En la figura 6, se evidencia que del tercer departamento con mayor venta de la compañía objeto de estudio, en las ciudades de Cali, Yumbo y Popayán se tiene el 74% de las ventas del departamento.

Del anterior análisis se empieza a tener nociones de donde pueden localizarse los nodos móviles, y es que si las zonas con mayor venta se localizan entre Bogotá D.C, Itagüí-Medellín-Rionegro y Cali-yumbo-Popayán, el centro o centros de distribución no deben quedar ubicados muy lejos de estas zonas.

2.2. Análisis de centros de gravedad

Para llevar a cabo el análisis de centros de gravedad se considera lo expuesto en el numeral 1.2 y se distribuye en cuatro (4) casos mostrados a continuación:

2.2.1. Caso uno (1)

El caso uno (1) evalúa tener un (1) nodo de atención o centro de distribución [6] según Ballou y De Lemus tener un solo nodo tiene como ventaja la disminución de problemas conceptuales. Para efecto del análisis se considera todo el volumen de ventas, todos los clientes en cada ciudad y municipio en los cuales se presentó ventas en los años 2017, 2018 y 2019.

El resultado obtenido está dado por las coordenadas geográficas

$$(X,Y) = (4,377467127, -75,336344756) \quad (20)$$

Las coordenadas otorgadas por el modelo y que muestra la ecuación 20 se encuentran ubicadas en la ciudad de Ibagué, Tolima.

2.2.2. Caso dos (2)

Como lo dice Rajesh, Nikhil C y Nikhil S [7] la decisión de la ubicación de un nodo no debe ser una decisión espontanea basada en pocos criterios por lo tanto se amplían estos criterios en el caso dos (2) el cual considera el 70% de las ventas y se divide el país en dos zonas, por un lado; las zonas centro, norte y este la cual comprende;

- Cundinamarca,
- Santander y
- Costa

Por el otro lado zona sur y oeste la cual comprende;

- Valle del Cuaca,
- Antioquia y
- Nariño.

La anterior distribución de zona de venta tiene como objetivo evaluar dos nodos de atención.

Los resultados obtenidos están dados por las coordenadas geográficas

$$(X,Y) = (4,649733 , -74,130662) \quad (21)$$

Según el modelo y como lo muestra la ecuación 21 un centro de distribución debería estar ubicado en Bogotá, Cundinamarca, exactamente en la avenida Boyacá con calle 15

$$(X,Y) = (4,2740853 , -76,2824218) \quad (22)$$

Según el modelo y como lo muestra la ecuación 22 el segundo centro de distribución debería estar localizado en Trujillo Valle del Cauca.

2.2.3. Caso 3

Para Sanggyun [8] los centros de distribución en los últimos tiempos han cambiado a instalarse en las periferias urbanas con un objetivo de reducción en la compensación de costos. Para el caso tres se analiza únicamente la venta de la zona sur y suroeste “Valle y Nariño” para evaluar dos nodos de atención.

$$(X,Y) = (2,66657349 , -76,80693327) \quad (23)$$

Según el modelo y como lo muestra la ecuación 23 el segundo centro de distribución debería estar localizado en Cajibío, Cauca.

2.2.4. Caso 4

Para el caso cuatro se analiza únicamente la venta de la zona oeste y noroeste comprendía entre “Antioquia y Valle” para evaluar dos nodos de atención,

$$(X,Y) = (5,1603634 , -75,9884905) \quad (24)$$

Según el modelo y como lo muestra la ecuación 24 el segundo centro de distribución debería estar localizado en Puerto rico, Risaralda.

La anterior información arrojada por el modelo de centros de gravedad otorga algunas nociones de la ubicación geográfica a proponer en el modelo.

2.3. Definición de escenarios

En esta instancia y a partir del análisis de las ventas históricas y de centros de gravedad se definen los siguientes escenarios;

2.3.1. Escenario uno (1)

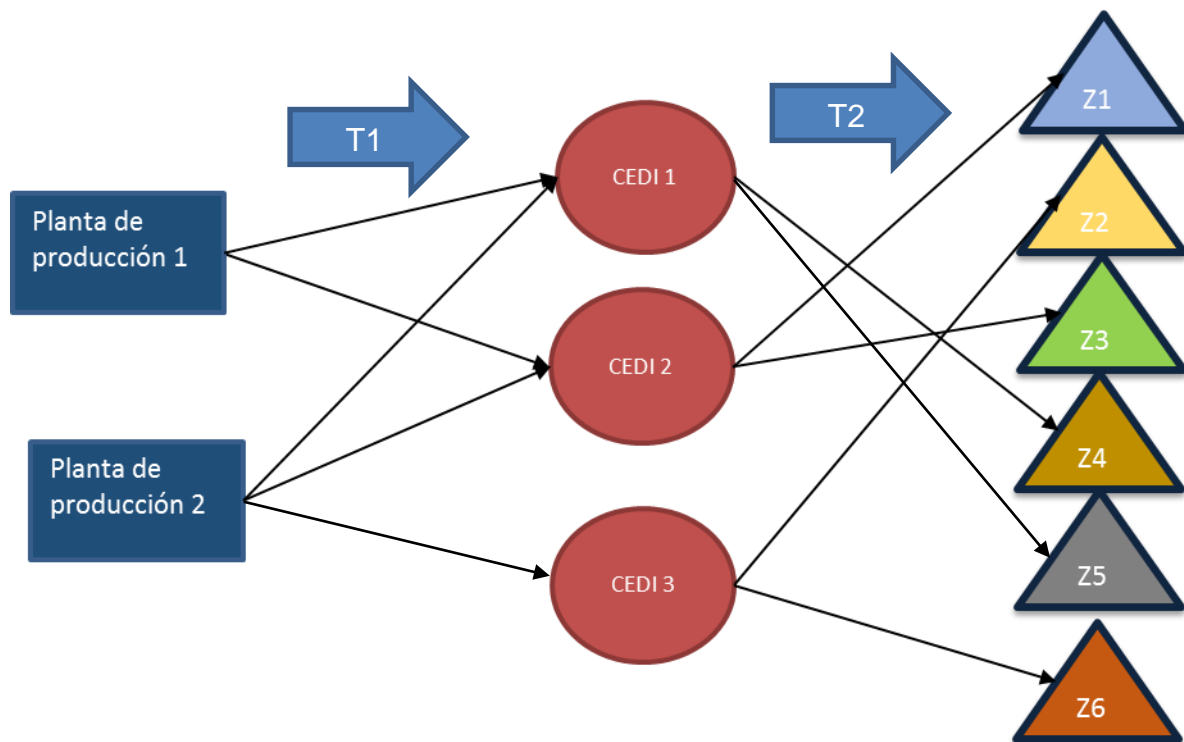


Figura 7. Representación gráfica del escenario 1

Fuente: Elaboración propia

En la figura 7 muestra a partir de una representación gráfica la distribución de la red logística de la compañía objeto compuesta por los siguientes nodos; dos (2) plantas de producción ubicadas en diferentes instancias geográficas, tres (3) centros de distribución y las seis (6) zonas de distribución final o clientes definidas en la tabla 1.

2.3.2. Escenario dos (2)

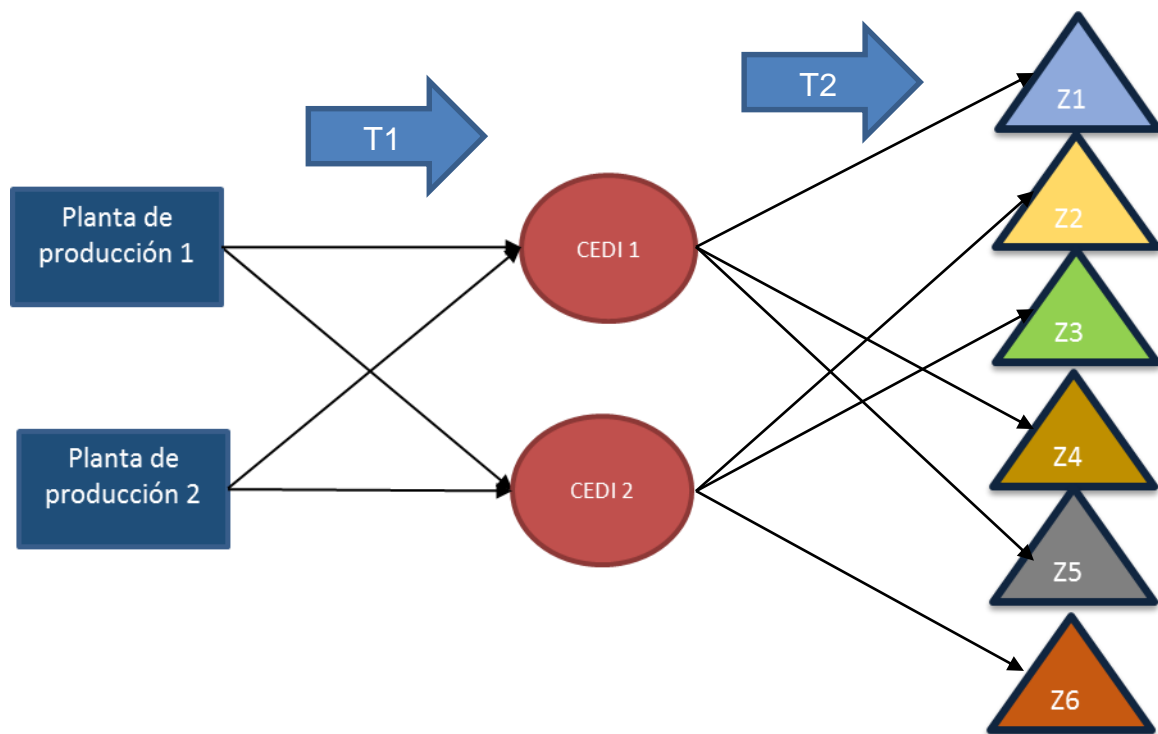


Figura 8. Representación gráfica del escenario 2
Fuente: Elaboración propia

En la figura 8 muestra a partir de una representación gráfica la distribución de la red logística de la compañía objeto compuesta por los siguientes nodos; dos (2) plantas de producción ubicadas en diferentes instancias geográficas, dos (2) centros de distribución con diferentes zonas de atención y las seis (6) zonas de distribución final o clientes definida en la tabla 1.

2.3.3. Escenario tres (3)

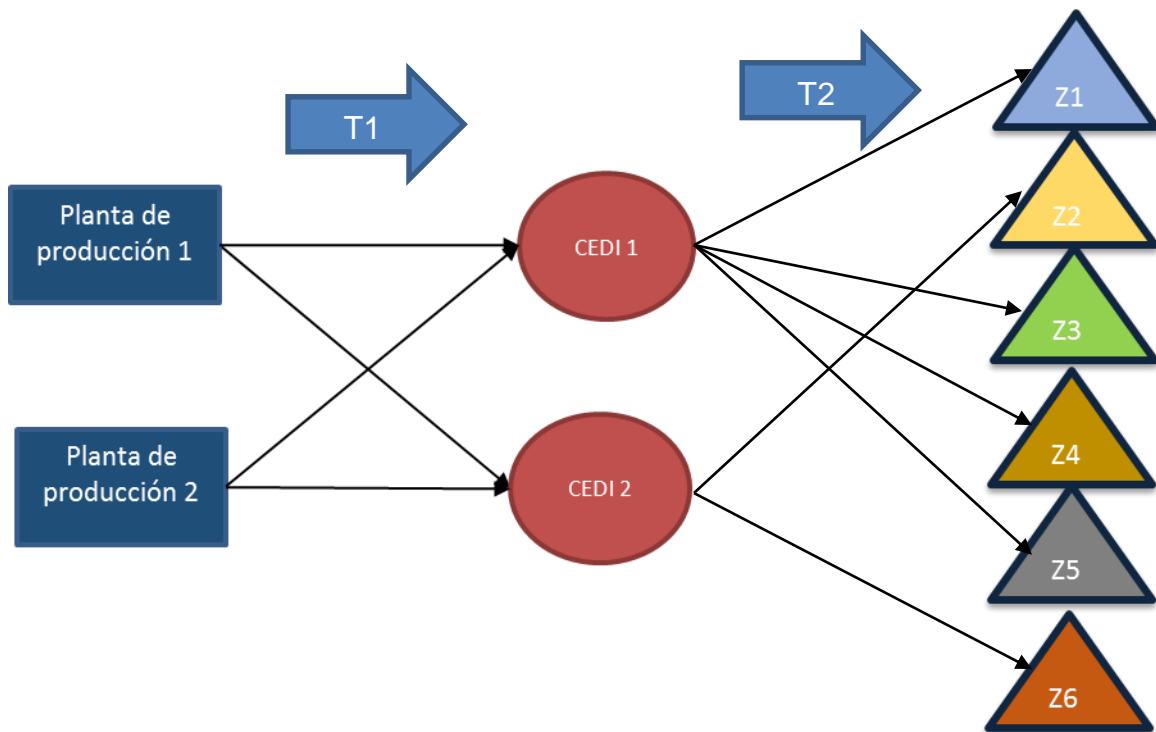


Figura 9. Representación gráfica del escenario 3
Fuente: Elaboración propia

En la figura 9 muestra a partir de una representación gráfica la distribución de la red logística de la compañía objeto compuesta por los siguientes nodos; dos (2) plantas de producción ubicadas en diferentes instancias geográficas, dos (2) centros de distribución con diferentes zonas de atención y las seis (6) zonas de distribución final o clientes definidas en la tabla 1. La diferencia entre los escenarios dos (2) y tres (3) son los nodos a los que brinda atención, ejemplo:

Escenario dos (2):

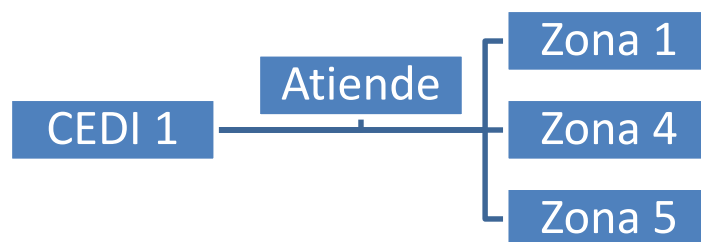


Figura 10. Zonas de atención Escenario 2, CEDI 1
Fuente: Elaboración propia

En la figura diez (10) se evidencia que el CEDI uno (1) atiende las zonas de clientes uno (1), cuatro (4) y cinco (5)

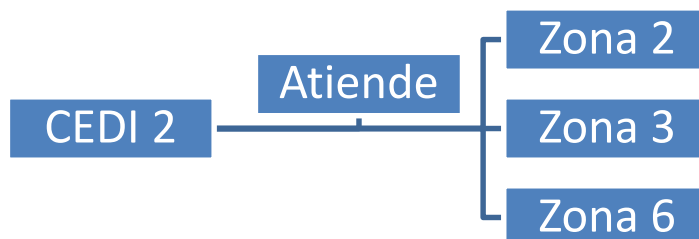


Figura 11. Zonas de atención Escenario 2, CEDI 2

Fuente: Elaboración propia

En la figura once (11) se evidencia que el CEDI dos (2) atiende las zonas de clientes dos (2), tres (3) y seis (6)

Escenario tres (3):

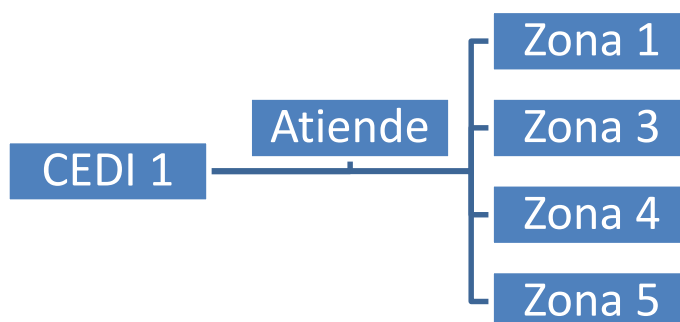


Figura 12. Zonas de atención Escenario 3, CEDI 1

Fuente: Elaboración propia

En la figura doce (12) se evidencia que el CEDI uno (1) atiende las zonas de clientes uno (1), tres (3), cuatro (4) y cinco (5)



Figura 13: Zonas de atención Escenario 3, CEDI 2
Fuente: Elaboración propia

En la figura trece (13) se evidencia que el CEDI dos (2) atiende las zonas de clientes dos (2) y seis (6)

2.4. Análisis de políticas de inventario

2.4.1. Escenario uno (1)

Al ejecutar el modelo de estimación de la política de inventarios requeridas mediante la ecuación (11) y considerando las restricciones mencionadas en el punto 1.4 se estima que el crecimiento del almacenamiento en los centros de distribución de producto terminado debe incrementar en un 23% comparado con la política de inventarios actual.

2.4.2. Escenario dos (2)

Al ejecutar el modelo de estimación de la política de inventarios requeridas mediante la ecuación (11) y considerando las restricciones mencionadas en el punto 1.4 se estima que el crecimiento del almacenamiento en los centros de distribución de producto terminado debe incrementar en un 9% comparado con la política de inventarios actual.

2.4.3. Escenario tres (3)

Al ejecutar el modelo de estimación de la política de inventarios requeridas mediante la ecuación (11) y considerando las restricciones mencionadas en el punto 1.4 se estima que el crecimiento del almacenamiento en los centros de distribución de producto terminado debe incrementar en un 9% comparado con la política de inventarios actual.

2.5. Resultados del modelo de transporte y Comparativo de un modelo logístico

Tabla 2: Comparativo de resultados vs situación actual

Comparativo				
Evaluación / Escenario	Gasto de almacenamiento (USD)	Gasto en fletes (USD)	Gasto Logístico (USD)	Variación % Escenario vs Actual
Modelo Actual	\$ 135.484	\$ 380.645	\$ 516.129	
Escenario 1	\$ 164.212	\$ 430.202	\$ 594.414	15%
Escenario 2	\$ 161.806	\$ 345.021	\$ 506.827	-2%
Escenario 3	\$ 161.806	\$ 313.817	\$ 475.623	-8%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 2 se evidencia que el escenario tres (3) es la mejor opción económica a tomar, puesto que genera un ahorro de ocho (8) puntos porcentuales frente al modelo actual. [9] los nodos mantienen una promesa de servicio con un modelo de minimización de costos.

3. CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos se tendría que el denominado escenario tres (3) mostrado en la figura 9 en el cual se tienen dos plantas de producción, dos centros de distribución, el CEDI 1 atiende cuatro (4) zonas y el CEDI 2 atiende dos (2) zonas, es el que genera un mayor margen de ahorro con respecto al modelo de distribución actual como se evidencia en la tabla 2, manteniendo un índice de servicio de un 95% de cumplimiento contemplando entregas completas y entregas a tiempo, dado el análisis de la política de inventarios realizado para dicho escenario.

En los escenarios se descartaron tener más de tres (3) centros de distribución ya que la promesa de servicio es directamente proporcional a los costos logísticos y esto traduce a que el gasto en almacenamiento sea tan elevado que supera el modelo de costos actuales. De igual manera se descartan tener solo un (1) centros de distribución puesto que el valor de los fletes en el abastecimiento de las plantas de producción a los centros de distribución hace que se eleve a tal punto que supera el modelo actual.

El análisis de centros de gravedad da una visual general de donde debería estar ubicados los centros de distribución, sin embargo, para definir la mejor ubicación se debe entrar a realizar una evaluación metódica más profunda, considerando factores

más allá de las ventas, como lo dice [10] “El proceso de toma de decisiones para elegir una ubicación implica varios niveles de detección o enfoque, donde cada paso se convierte en un análisis más detallado de un número menor de áreas o sitios.”.

El modelo utilizado en este estudio puede servir como referencia para solucionar problemas de ubicación de centros de distribución en otras compañías de características logísticas similares, de igual manera también sirve de complemento a demás metodologías existentes, expuestas en muchas literaturas relacionadas al mismo tema.

REFERENCIAS

- [1] Murphy, P., & Knemeyer, M. (2015). Logística contemporánea. En *Logística contemporánea* (págs. 152- 171). Mexico: pearson.
- [2] Ballou, R. H. (2004). Logística: Administración de la cadena de suministro. En *Logística: Administración de la cadena de suministro* (págs. 550-596). Pearson Educación.
- [3] Ruiz Garzon, G. (2003). El concepto estadístico de centro de gravedad. *Revista de didáctica de las matemáticas*, 43-53.
- [4] Rongbing, H., Mozart B.C., M., & Seokjin, K. (25 de 11 de 2011). The impact of cost uncertainty on the location of a distribution center. *The impact of cost uncertainty on the location of a distribution center*. European Journal of Operational Research.
- [5] Yang, L., Xiaoyu, J., Ziyu, G., & Keping, L. (21 de 07 de 2006). Logistics distribution centers location problem and algorithm under fuzzy environment. *Logistics distribution centers location problem and algorithm under fuzzy environment*. Beijing, China: Journal of Computational and Applied Mathematics.
- [6] Ballou , R., & De Lemus, P. (1991). Logística empresarial: control y planificación. En *Logística empresarial: control y planificación*. (págs. 337-392). Díaz de Santos.
- [7] Rajesh, K. S., Nikhil, C., & Nikhil, S. (2018). Selection of warehouse location for a global supply chain: A case study. *Selection of warehouse location for a global supply chain: A case study*. India: IIMB Management Review.
- [8] Sanggyun, K. (2018). Warehouse location choice: A case study in Los Angeles, CA. *Warehouse location choice: A case study in Los Angeles, CA*. Los angeles, EEUU: Journal of Transport Geography.
- [9] Hernández-González, S., Flores de la Mota, I., Jiménez-García, J. A., & Hernández, M. D. (2017). Numerical analysis of minimum cost network flow with queuing stations. *Numerical analysis*

of minimum cost network flow with queuing stations. Mexico: Revista Electrónica Nova Scientia.

- [10] Sen, L., Felix T.S., C., & S.H., C. (2010). A study of distribution center location based on the rough sets and interactive multi-objective fuzzy decision theory. *A study of distribution center location based on the rough sets and interactive multi-objective fuzzy decision theory*. China: Robotics and Computer-Integrated Manufacturing.